



Affinage et qualité du gruyère de Comté VIII. Synthèse et conclusions

R. Grappin, J.L. Berdagué

► To cite this version:

R. Grappin, J.L. Berdagué. Affinage et qualité du gruyère de Comté VIII. Synthèse et conclusions. Le Lait, 1989, 69 (3), pp.183-196. hal-00929159

HAL Id: hal-00929159

<https://hal.science/hal-00929159>

Submitted on 11 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Article de recherche

Affinage et qualité du gruyère de Comté

VIII. Synthèse et conclusions

R. Grappin et J.L. Berdagué

INRA, Station expérimentale laitière, Institut technique du gruyère, 39800 Poligny, France

(reçu le 29 avril 1988, accepté le 8 décembre 1988)

Résumé — Faisant suite aux sept articles publiés récemment sur l'affinage et la qualité du gruyère de Comté, cet article résume et discute les principaux résultats concernant l'influence des conditions d'affinage sur l'évolution biochimique et la qualité du comté, en fonction de l'origine des fromages et de la saison de fabrication. Des valeurs sur la composition moyenne du comté (principaux paramètres physico-chimiques, lactates, acides gras volatils, protéolyse) au cours de l'affinage sont fournies comme valeurs de référence. L'examen des classements techniques effectués en fin d'affinage montre l'influence prépondérante de l'origine des fromages sur leur qualité commerciale. Toutefois, les conditions d'affinage peuvent modifier très sensiblement ce classement dans le cas de certaines fromageries. Concernant les qualités organoleptiques et la présentation des fromages, l'étude montre que l'intensité du goût de comté et la présence du défaut de lainure sont en relation assez étroite avec la teneur en acides aminés libres et en très petits peptides.

fromage — gruyère de Comté — affinage — composition — qualité

Summary — **Ripening and quality of gruyère de Comté cheese. VIII. Synthesis and conclusions.** Following the previous articles dealing with the ripening and the quality of gruyère de Comté cheese, this paper summarizes and discusses the main results concerning the influence of ripening conditions on the biochemistry and the quality of Comté cheese, according to the origin and the season of making on the cheeses. Data on the mean composition of Comté cheese (major physico-chemical parameters, lactates, volatile fatty acids, proteolysis) throughout ripening, are given as reference values. The grading scores at the end of ripening show a clear influence of the origin of the cheese; however, the ripening conditions may influence quite significantly the cheese grade. Concerning the sensory analyses and the texture of the cheeses, this study shows clearly that proteolysis and particularly the amount of free amino acids and very small peptides are related with flavour intensity and with the presence of cracks.

cheese — gruyère de Comté — ripening — composition — quality

Introduction

Cet article fait la synthèse des travaux sur l'affinage du gruyère de Comté dont l'objectif était d'étudier l'influence des conditions d'affinage sur la qualité de ce fromage, en fonction de l'origine et de la saison de fabrication. Après avoir décrit le protocole expérimental (Grappin *et al.*, 1987), les résultats de cette étude ont été ensuite présentés dans une série d'articles portant sur les principales caractéristiques physico-chimiques (Berdagué et Grappin, 1987), la fermentation lactique et les acides gras volatils (Berdagué *et al.*, 1987), la protéolyse (Collin *et al.*, 1987), les composés volatils (Guichard *et al.*, 1987) et les caractéristiques sensorielles et d'ouverture des fromages (Berdagué et Grappin, 1988; Berdagué et Grappin, 1989).

Dans ce dernier article, après avoir rappelé le protocole expérimental, nous donnerons tout d'abord un tableau synoptique de l'évolution de la composition du comté en cours d'affinage, ainsi que le classement technique des fromages fabriqués pour cette étude. En se basant sur l'ensemble des résultats publiés dans les précédents articles, nous tirerons des conclusions générales sur le rôle respectif de l'affinage, de la fromagerie et de la saison sur la qualité du comté : classement technique, présentation et qualités organoleptiques.

Protocole expérimental

Rappelons que l'étude a porté sur 96 fabrications réalisées dans 4 fromageries (F1, F2, F3 et F4) sur une période de 6 mois (3 mois d'hiver et 3 mois d'été). Au cours de chaque fabrication, 4 fromages ont été obtenus à partir d'une même cuve. Ces 4 fromages, de composition identique, ont été affinés par 4 affineurs différents (A1, A2, A3 et A4).

Chaque mois, 4 séries de fromages ont été réalisées pendant 4 jours consécutifs, par chaque fromagerie. Sur les 384 fromages fabriqués, seuls 96, représentant 1 journée de fabrication par fromagerie et par mois, ont fait l'objet d'analyses chimiques et sensorielles, les autres fromages n'ont été soumis qu'à un classement technique de qualité.

L'essentiel de l'étude constitue donc un plan factoriel à 3 facteurs dont les niveaux sont répartis de la façon suivante : fromagerie (4 niveaux), affinage (4 niveaux) et saison de fabrication (2 niveaux), avec 3 répétitions (mois) par saison. La durée de l'affinage a été fixée par l'affineur en fonction de l'état de maturité des fromages.

Composition physico-chimique des fromages

L'évolution de la composition moyenne du comté au cours de son affinage est résumée dans les Tableaux I, II et III. A titre de comparaison, nous donnons dans le Tableau IV la composition physico-chimique moyenne des fromages français à pâte pressée cuite (emmental, comté et beaufort) en fin d'affinage.

On constate que le comté subit en cours d'affinage une baisse de la teneur moyenne en eau de 3,6% avec de grandes variations, notamment en fonction du type d'affinage : la perte étant de 3,31% pour les affinages traditionnels, contre 5,57% pour l'affinage long à basse température. En fin d'affinage, le comté présente l'extrait sec le plus élevé et une teneur en eau dans le fromage dégraissé la plus faible. Le gras/sec est intermédiaire entre celui du beaufort et de l'emmental. Du fait de la très faible acidification avant soutirage, le comté se classe, avec les autres fromages du même type, parmi les fromages les plus riches en calcium (1 g/100 g).

Comparés aux fromages à pâte molle par exemple, les fromages à pâte pressée cuite sont des fromages relativement peu salés. En raison de l'apport régulier de sel en cours d'affinage, le comté et le beaufort se distinguent de l'emmental par une augmentation régulière du taux de sel pendant l'affinage.

Les teneurs en lactates décroissent régulièrement pendant l'affinage du fait de la fermentation propionique, les teneurs en lactates L et D étant très voisines en fin d'affinage. Le comté

Tableau I. Evolution des principales caractéristiques physico-chimiques du gruyère de Comté (moyenne $\pm$ écart type) en cours d'affinage.

Variable	Stade d'affinage			
	20 h	3 semaines	6 semaines	Fin d'affinage
Extrait sec ⁽¹⁾	62,46 $\pm$ 0,49	63,80 $\pm$ 0,56	64,74 $\pm$ 0,78	66,09 $\pm$ 0,97
Matière grasse ⁽¹⁾	30,89 $\pm$ 0,78			
⁽²⁾	49,44 $\pm$ 1,02			
Protéines ⁽¹⁾	27,56 $\pm$ 0,51	28,00 $\pm$ 0,57	28,45 $\pm$ 0,57	28,96 $\pm$ 0,51
(N x 6,38) ⁽²⁾	44,15 $\pm$ 0,89	44,02 $\pm$ 0,89	43,96 $\pm$ 0,89	43,89 $\pm$ 0,89
Calcium ⁽¹⁾	0,96 $\pm$ 0,02	0,96 $\pm$ 0,02	0,96 $\pm$ 0,02	0,96 $\pm$ 0,02
⁽²⁾	1,54 $\pm$ 0,03	1,50 $\pm$ 0,03	1,48 $\pm$ 0,04	1,45 $\pm$ 0,04
⁽¹⁾	0,07 $\pm$ 0,01	0,38 $\pm$ 0,17	0,55 $\pm$ 0,18	0,69 $\pm$ 0,23
NaCl ⁽²⁾	0,11 $\pm$ 0,23	0,60 $\pm$ 0,26	0,85 $\pm$ 0,28	1,04 $\pm$ 0,34
⁽³⁾	0,19 $\pm$ 0,04	1,06 $\pm$ 0,48	1,57 $\pm$ 0,52	2,04 $\pm$ 0,70
pH	5,30 $\pm$ 0,07	5,48 $\pm$ 0,07	5,68 $\pm$ 0,66	5,85 $\pm$ 0,07

(1) : en g/100 g de fromage; (2) : en g/100 g d'extrait sec; (3) : en g/100 g d'eau.

Tableau II. Evolution des teneurs en lactates et acides gras volatils (en mg/100 g de fromage du gruyère de Comté (moyenne $\pm$ écart type) en cours d'affinage.

Variable	Stade d'affinage			
	20 h	3 semaines	6 semaines	Fin d'affinage
(1)				
Galactose	0,056	54 $\pm$ 108	0	0
Lactates L (+)	0,111	963 $\pm$ 135	882 $\pm$ 171	612 $\pm$ 135
Lactates D (-)	0,111	315 $\pm$ 135	414 $\pm$ 99	459 $\pm$ 90
Acide acétique (C2)	0,167	0	36 $\pm$ 7	113 $\pm$ 59
Acide propionique (C3)	0,135	0	2 $\pm$ 2	52 $\pm$ 51
Acide butyrique (C4)	0,114	0	4 $\pm$ 2	8 $\pm$ 5
Acide isovalérique (iC5)	0,098	0	< 1 $\pm$ 1	1 $\pm$ 1
Acide caproïque (C6)	0,086	0	2 $\pm$ 2	4 $\pm$ 3

(1) Coefficients multiplicateurs pour obtenir les résultats en $\mu\text{mol/g}$.

Tableau III. Evolution de la protéolyse du gruyère de Comté (moyenne $\pm$ écart type) en cours d'affinage.

Variable	Stade d'affinage			
	20 h	3 semaines	6 semaines	Fin d'affinage
NS (1)	0,15 $\pm$ 0,03	0,32 $\pm$ 0,07	0,69 $\pm$ 0,13	0,99 $\pm$ 0,09
NPT (1)	0,03 $\pm$ 0,01	0,08 $\pm$ 0,02	0,22 $\pm$ 0,07	0,40 $\pm$ 0,09
NS/NT (%)	3,34 $\pm$ 0,60	7,27 $\pm$ 1,41	15,55 $\pm$ 2,73	21,72 $\pm$ 1,80
NPT/NT (%)	0,79 $\pm$ 0,17	1,87 $\pm$ 0,47	5,00 $\pm$ 1,58	8,80 $\pm$ 1,90
β	38,4 $\pm$ 2,9	33,5 $\pm$ 3,3	24,8 $\pm$ 3,5	18,7 $\pm$ 2,5
β dégradée	0,3 $\pm$ 0,8	0,2 $\pm$ 0,5	1,9 $\pm$ 1,0	2,6 $\pm$ 1,1
Caséines (2)	γ_1	1,8 $\pm$ 0,9	3,8 $\pm$ 1,4	9,5 $\pm$ 1,2
	γ_2	1,7 $\pm$ 0,8	2,8 $\pm$ 1,5	6,5 $\pm$ 1,7
	γ_3	1,2 $\pm$ 0,6	2,2 $\pm$ 1,0	7,4 $\pm$ 1,2
	α_{S1}	48,8 $\pm$ 3,7	39,8 $\pm$ 7,0	21,9 $\pm$ 5,2
	α_{S1-I}	4,7 $\pm$ 3,3	12,5 $\pm$ 5,2	25,6 $\pm$ 3,8

(1) : en g/100 g de fromage; (2) : en pour cent des caséines PAGE.

Tableau IV. Composition physico-chimique moyenne des fromages français à pâte pressée cuite.

Variable	Emmental (a)	Comté	Beaufort (b)
Extrait sec (1)	63,1	66,1	63,3
Humidité/fromage dégraissé (%)	52,6	50,4	54,5
Matière grasse (1)	29,9	32,9	32,7
(2)	47,4	49,4	51,6
NaCl (1)	0,46	0,69	0,92
(3)	1,24	2,04	2,51
Calcium (1)	0,98	0,96	0,93
pH	5,84	5,84	5,62

(1) : en g/100 g de fromage; (2) : en g/100 g d'extrait sec; (3) : en g/100 g d'eau. (a) : Berdagué *et al.* (1988); (b) : Anonyme (1986).

a une teneur en acide propionique plus faible que celle de l'emmental (222 mg/100 g contre 284 mg/100 g); quant au beaufort, qui n'est pas le siège de fermentation propionique, sa teneur en lactates reste très élevée, soit 1 362 mg/100 g contre 684 en comté (Anonyme, 1986; Berdagué *et al.*, 1989). Du fait de l'interdiction de l'ensilage dans la zone du comté, la teneur en acide butyrique est faible par rapport aux valeurs trouvées pour l'emmental produit dans les régions où les animaux sont nourris à l'ensilage (17 mg/100 g contre 40-60 mg/100 g).

En raison de la diversité des techniques employées pour caractériser la protéolyse, il est difficile de comparer les valeurs obtenues en zone de comté aux données de la littérature. Toutefois, si l'on se rapporte au travail de Marcos *et al.* (1979), les profils électrophorétiques des fromages à pâte pressée cuite se caractérisent essentiellement par une dégradation relativement élevée de la caséine β , probablement due à l'action de la plasmin qui demeure en quantité importante dans le fromage, contrairement aux fromages acides, type cheshire (Lawrence *et al.*, 1983).

Classement technique des fromages

Norme de classement

Le classement a été fait par des gradeurs professionnels du Comité interprofessionnel du gruyère de Comté, en conformité avec les normes du décret de l'Appellation d'origine contrôlée du gruyère de Comté de 1976. Ces normes font appel aux caractéristiques de présentation (forme générale du fromage et qualité du croûte), aux caractéristiques organoleptiques de la pâte et tout particulièrement à la texture et à l'ouverture (nombre et répartition des «yeux», présence de lainure, cuite, etc.).

En l'absence de norme précise et du nombre très réduit de gradeurs, la flaveur des fromages est peu prise en compte dans le classement technique des fromages.

Les fromages sont classés en quatre catégories :

- qualité A : fromage sans défaut correspondant aux normes de qualité définies dans le décret d'Appellation d'origine;
- qualité B : fromage présentant un léger défaut sur l'un des critères de qualité;

- qualité C : fromage présentant plusieurs défauts ou un seul défaut très prononcé;
- qualité D : fromage non commercialisable.

Seuls les fromages de qualité A et B ont droit au surmarquage «fromage de qualité». Suivant le nombre et l'intensité des défauts, le déclassement commercial peut entraîner une baisse de 15 (qualité B) à 30% (qualité C) du prix des fromages.

Résultats

L'influence de la fromagerie et de l'affinage sur le classement technique des fromages a été étudiée à l'aide d'une analyse factorielle des correspondances simples (AFC), réalisée à partir d'un tableau de contingence du classement technique donnant le pourcentage de fromages classés en A, B, C ou D en fonction de la fromagerie ou du type d'affinage. Le plan principal de l'AFC (Fig. 1) absorbe 94,8% de l'inertie et permet d'obtenir une bonne image de l'influence respective de la fromagerie et de l'affinage. On observe que le classement technique varie surtout selon la fromagerie et, à moindre titre, selon le type d'affinage. Les plus fortes fréquences de qualité A sont associées à la fromagerie F4, celles de qualité B à la fromagerie F2 et celles de qualité C et D respectivement aux fromageries F3 et F1 et aux affinages A1 et A3.

La Figure 2 représente l'évolution du classement technique des fromages par fromagerie, en fonction du type d'affinage. En considérant la proportion de fromages classés A + B, on constate des différences importantes entre fromageries et un rôle très grand du type d'affinage sur le classement technique des fromageries F1, F2 et F3.

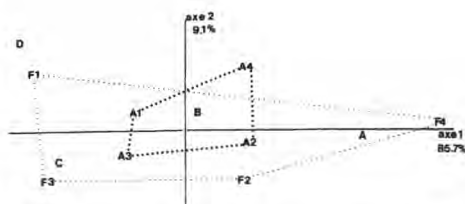


Fig. 1. Analyse factorielle des correspondances simples du classement technique des fromages (classe A, B, C et D) en fonction du type d'affinage (A1, A2, A3 et A4) et de la fromagerie (F1, F2, F3 et F4).

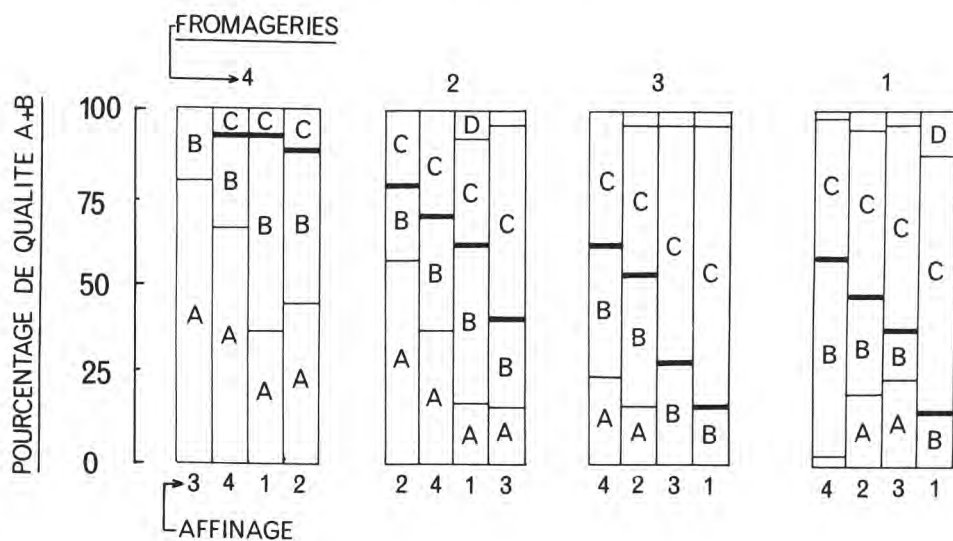


Fig. 2. Influence des conditions d'affinage sur le classement technique des fromageries.

Discussion générale

Compte tenu du rôle significatif de la fromagerie (qualité du lait et technique de transformation) et de l'affinage, non seulement sur le classement technique mais également sur les qualités organoleptiques des fromages (Berdagué et Grappin, 1988), est-il possible, à partir des données techniques et analytiques recueillies au cours de cette étude, de définir une composition des fromages et des conditions d'affinage optimales qui permettent d'obtenir des fromages de qualité ?

Fromagerie

Le rôle de la fromagerie est défini principalement par la qualité du lait et la composition physico-chimique des fromages avant l'affinage en cave chaude. Nous avons reporté sur le Tableau V la composition des fromages à 20 h en y ajoutant

les principales caractéristiques de qualité des fromages. Parmi les 4 fromageries, F4 a une position particulière car elle présente le plus fort pourcentage de fromages classés A + B et ceci quel que soit le type d'affinage (Fig. 2). Elle présente également des fromages dont la composition moyenne est significativement différente de celle des autres fromageries. A 20 h, les fromages se caractérisent par une teneur en graisse et en lactate D faible et une protéolyse (teneur en NPT et NS) faible que l'on retrouve à 3 semaines en fin de préaffinage. La teneur en sel des fromages de F4 en fin d'affinage est également plus faible que celle des autres comtés, le rapport sel/eau étant de 1,40% contre 2,07 à 2,55% pour les autres fromages. L'origine de ces différences semble liée à une technique particulière de fabrication et de préaffinage de F4 : utilisation de levains sélectionnés peu acidifiants (41 °D contre 50 à 57 °D pour les autres fromageries), écrémage du lait relativement élevé et apport de sel réduit.

La faible activité amino-peptidasique constatée dès 20 h (Tableau V) se retrouve en fin d'affinage, puisque à ce stade le taux de NPT est de 0,54 g/100 g pour F4, contre 0,65 g/100 g en moyenne pour les autres fromages (mois d'août exclu). En revanche, la teneur en azote soluble significativement plus élevée (1,46 contre 1,16 g/100 g) et la proportion de caséines dégradées plus faible, notamment la

caséine β , dénotent une activité protéasique plus intense pour F4, vraisemblablement liée à la teneur en sel réduite. Cette teneur en azote soluble élevée a été reliée de façon significative à la présence d'amertume pendant les mois d'été où l'activité de la plasmine du lait est la plus élevée (Collin *et al.*, 1987; Lefier et Piton, 1987).

Tableau V. Principales caractéristiques physico-chimiques à 20 h et qualité (moyenne $\pm$ écart type) des fromages fabriqués par les fromageries F1, F2, F3 et F4.

Variables	Fromagerie			
	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
Composition physico-chimique				
pH	5,31 $\pm$ 0,04	5,29 $\pm$ 0,04	5,29 $\pm$ 0,02	5,32 $\pm$ 0,06
Extrait sec (1)	62,69 $\pm$ 0,33	62,23 $\pm$ 0,13	62,74 $\pm$ 0,64	62,33 $\pm$ 0,27
Gras/sec (2)	49,8 $\pm$ 1,1	49,5 $\pm$ 1,1	49,6 $\pm$ 0,8	48,8 $\pm$ 0,7
Calcium (2)	1,530 $\pm$ 0,028	1,515 $\pm$ 0,017	1,532 $\pm$ 0,024	1,565 $\pm$ 0,026
Lactate L (3)	104,2 $\pm$ 7,2	105,5 $\pm$ 9,9	104,0 $\pm$ 22,4	113,3 $\pm$ 10,9
Lactate D (3)	34,8 $\pm$ 8,6	45,7 $\pm$ 6,3	39,8 $\pm$ 18,7	17,7 $\pm$ 3,8
Azote (1)	6,89 $\pm$ 0,14	6,90 $\pm$ 0,15	6,89 $\pm$ 0,13	7,01 $\pm$ 0,11
Azote soluble eau (1)	0,255 $\pm$ 0,039	0,235 $\pm$ 0,030	0,235 $\pm$ 0,036	0,200 $\pm$ 0,048
NPT (1)	0,055 $\pm$ 0,013	0,059 $\pm$ 0,007	0,060 $\pm$ 0,082	0,047 $\pm$ 0,011
Qualité des fromages				
Ouverture Hiver	1,63 $\pm$ 1,18	3,98 $\pm$ 1,73	6,50 $\pm$ 1,35	6,48 $\pm$ 0,76
Eté	2,02 $\pm$ 1,63	2,44 $\pm$ 2,17	4,91 $\pm$ 2,83	4,19 $\pm$ 2,02
Lainure Hiver	4,10 $\pm$ 3,01	4,35 $\pm$ 2,46	3,02 $\pm$ 2,31	0,12 $\pm$ 0,10
Eté	1,77 $\pm$ 1,13	3,79 $\pm$ 1,48	3,83 $\pm$ 1,92	1,16 $\pm$ 1,44
Fruité Hiver	2,38 $\pm$ 0,44	3,18 $\pm$ 0,26	2,29 $\pm$ 0,59	2,02 $\pm$ 0,41
Eté	2,81 $\pm$ 0,26	3,23 $\pm$ 0,30	2,72 $\pm$ 0,22	2,24 $\pm$ 0,28
Fermeté Hiver	3,22 $\pm$ 0,64	1,99 $\pm$ 0,42	3,50 $\pm$ 0,71	2,46 $\pm$ 0,46
Eté	2,78 $\pm$ 0,36	2,50 $\pm$ 0,46	3,03 $\pm$ 0,47	2,39 $\pm$ 0,19
Classement				
A Hiver	12	33	8	46
(%) Eté	4	31	12	69
A + B Hiver	52	73	35	83
(%) Eté	29	81	46	100

(1) : en g/100 g de fromage; (2) : en g/100 g d'extrait sec; (3) : en μ mole/g de fromage.

Au niveau de leur qualité, les fromages de F4 se caractérisent surtout par l'absence de lainure (sauf au mois d'août où la note de lainure est de 2,8/10) quel que soit le type d'affinage, traduisant une texture de pâte souple qui résiste bien aux contraintes liées à la déshydratation des fromages pendant l'affinage et au dégagement de gaz. Dans la plupart des cas, si l'absence de lainure correspond à des fromages commercialement bien classés, ce classement est indépendant de leurs qualités gustatives. Ainsi F4 n'a jamais eu de note de goût fruité élevée, alors que les fromages de F2, légèrement moins bien classés et avec une note moyenne de lainure élevée, ont présenté un caractère fruité très marqué. Berdagué et Grappin (1988, 1989) ont souligné qu'il existe une corrélation positive élevée entre la teneur en NPT et la note de fruité, mais que des rapports NPT/N ou teneurs en NPT élevés sont également corrélées avec l'intensité du défaut de lainure.

La fromagerie F1 qui a en moyenne le plus faible pourcentage de fromages classés A + B et le plus grand nombre de fromages déclassés se caractérise par des fromages sans ouverture et souvent lainés. Peu d'éléments permettent de distinguer ces fromages sur le plan physico-chimique si ce n'est un extrait sec, un pH et une teneur en sel en fin d'affinage légèrement plus élevés que ceux des autres fromages.

Si le rôle de la qualité du lait et de la technologie de transformation se trouve ici à nouveau bien démontré, la Figure 2 illustre clairement que les différences de classement technique entre fromageries peuvent se trouver notablement modifiées par les conditions d'affinage. A part les fromages de F4, tous les autres fromages et en particulier ceux de F3 et F1, ont un classement technique qui est très dépendant des conditions d'affinage; le pour-

centage de qualité A + B pouvant varier dans les cas extrêmes de 20 à 60% (exemple F3) suivant le type d'affinage. Excepté pour F4, ce sont les affinages A1 et A3, représentant les conditions extrêmes d'affinage, qui donnent les plus faibles pourcentages de qualité A + B. Par ailleurs, en examinant le Tableau V, on constate des différences de classement entre fromageries plus grandes en été qu'en hiver; les proportions de fromages classés en A variant de 8 à 46% en hiver contre 4 à 69% en été et celles de fromages classés A + B variant de 35 à 83% en hiver contre 20 à 100% en été. A souligner également que les écarts types des différentes notes, qui représentent la variabilité des notations des 24 fromages fabriqués par chaque fromagerie, sont plus élevés pour l'ouverture et la lainure que pour le fruité et la fermeté, indiquant une influence plus grande de la saison et de l'affinage sur la présentation des fromages que sur leurs qualités organoleptiques (Tableau V). On peut toutefois se demander si, pour ce dernier point, la difficulté de juger avec précision les caractéristiques sensorielles n'a pas entraîné les dégustateurs à regrouper leurs notes autour de la moyenne.

Affinage

Nous avons repris dans le Tableau VI les principales caractéristiques des 4 types d'affinage de notre étude, auxquelles nous avons joint les paramètres de qualité des fromages.

Deux types d'affinage, A2 et A4, ont fourni, quelle que soit la saison, des fromages moins lainés et légèrement plus ouverts que les autres types d'affinage et notamment A1, donnant de ce fait les plus forts pourcentages de fromages classés A + B. Nous avons souligné que les propriétés rhéologiques de la pâte des fromages

étaient en premier lieu déterminées par sa composition physico-chimique, laquelle est liée étroitement aux conditions de transformation. Mais l'affinage, par le biais du couple temps-température, de l'apport en sel et de la composition des gaz de l'atmosphère peut également influencer de manière significative ces propriétés, soit en augmentant les pertes d'eau (cas

de A1), soit en accroissant la protéolyse et le pH (cas de A1 et A3). En fin d'affinage, les fromages de A1 et A3 ont une teneur en NPT de 0,620 et 0,628 g/100 g contre 0,598 et 0,586 g/100 g pour A2 et A4, et des pH plus élevés de 0,55 unité en moyenne. Ainsi que le montrent le Tableau VI et la Figure 3, ces modifications physico-chimiques sont associées à

Tableau VI. Principales caractéristiques d'affinage et qualité des fromages (moyenne $\pm$ écart type) affinés par A1, A2, A3 et A4.

Variables		Affinage			
		A1	A2	A3	A4
Caractéristiques d'affinage					
Analyse de l'atmosphère des caves					
Température (°C)		9,7 ± 1,3	16,5 ± 0,6	17,5 ± 0,2	16,5 ± 0,3
Humidité relative (%)		84,4 ± 1,4	88,4 ± 2,1	87,7 ± 2,1	88,0 ± 0,6
CO ₂ (%)		0,19 ± 0,02	0,85 ± 0,30	1,54 ± 0,10	0,28 ± 0,07
NH ₃ (ppm)		35,4 ± 7,8	38,3 ± 11,6	57,4 ± 7,7	35,5 ± 9,0
Apport de NaCl					
(g/100 g d'extrait sec)		0,42 ± 0,16	0,17 ± 0,24	0,47 ± 0,36	0,54 ± 0,21
Perte moyenne d'eau (%)		5,57	3,27	3,33	3,36
Durée moyenne d'affinage (mois)		9	4	4	4
Qualité des fromages					
Ouverture	Hiver	3,58 ± 2,34	5,04 ± 2,26	5,08 ± 2,42	4,88 ± 2,18
	Été	0,99 ± 1,15	4,35 ± 2,74	3,77 ± 1,91	4,44 ± 2,12
Lainure	Hiver	3,70 ± 2,81	1,71 ± 2,33	4,16 ± 2,93	2,01 ± 2,02
	Été	3,50 ± 2,01	2,20 ± 1,13	3,35 ± 2,22	1,51 ± 1,36
Fruité	Hiver	2,91 ± 0,45	2,25 ± 0,61	2,33 ± 0,48	2,37 ± 0,65
	Été	2,70 ± 0,46	2,67 ± 0,48	2,89 ± 0,35	2,74 ± 0,41
Fermeté	Hiver	2,90 ± 0,76	2,65 ± 0,92	2,88 ± 0,79	2,74 ± 0,77
	Été	2,76 ± 0,56	2,57 ± 0,49	2,73 ± 0,36	2,64 ± 0,35
Classement					
A (%)	Hiver	10	44	15	31
	Été	23	25	33	35
A + B (%)	Hiver	46	71	40	60
	Été	73	67	52	75

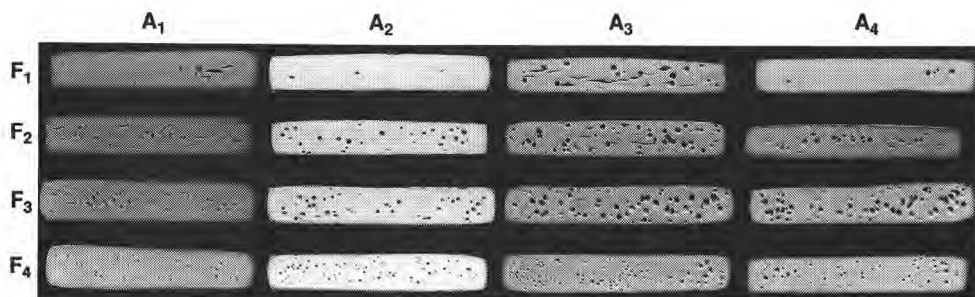


Fig. 3. Coupe des fromages fabriqués en février par les fromageries F1, F2, F3, et F4, et affinés dans des conditions différentes (A1, A2, A3 et A4). Noter que les fromages de F4 ne sont pas influencés par l'affinage et que les affinages A1 et A3 ont entraîné (pour F1 et F2) ou intensifié (pour F3) le défaut de laineure.

des fromages plus lainés, sauf pour la fromagerie F4 dont les fromages ont, avant affinage, une composition physico-chimique particulière.

L'influence de la température sur l'ouverture est clairement mise en évidence dans le cas de l'affinage A1, dont les fromages fabriqués en hiver se sont trouvés à une température moyenne de 12 °C contre 7,4 °C pour les fromages d'été, entraînant une note d'ouverture de 3,58 en hiver contre 0,99 en été.

Comme dans le cas des fromageries, le classement technique par type d'affinage n'est pas nécessairement relié aux qualités organoleptiques des fromages. Ainsi, pendant la période hivernale, les conditions d'affinage de A1 ont donné des fromages ayant un caractère fruité élevé comparable aux fromages d'été de l'ensemble des affineurs, alors que les pourcentages de fromages classés en A et A + B sont, avec A3, les plus faibles. La même remarque peut être faite, mais avec un caractère moins net, pour l'affinage A3 qui a la note de fruité la plus élevée en été et le plus faible pourcentage de fromages classés A + B. Laineure importante et intensité du caractère fruité élevé

sont ici aussi associées à un rapport NPT/N élevé (Berdagué et Grappin, 1988). Contrairement à ce qui a été observé précédemment dans le cas des fromageries, les différences entre affinages au niveau des pourcentages de fromages classés en A et A + B sont plus faibles pendant la période estivale qu'en hiver (Tableau VI).

Saison

La qualité des fromages, traditionnellement reconnue meilleure en fin d'été et en automne que pendant le reste de l'année, se trouve confirmée par les résultats de notre étude, en particulier pour l'intensité du caractère fruité. La note moyenne de cette caractéristique sensorielle passe en effet de 2,32 en hiver à 2,75 en été, bien que l'influence de la saison ait été masquée à cause du développement d'amertume pour les fromages de F4 et de mauvais goût pour les fromages affinés par A1 pendant les mois d'été (Berdagué et Grappin, 1988). Les différences de qualité organoleptique entre été et hiver ne se retrouvent pas au niveau du classement technique puisque l'on obtient respectivement 61 et 64% de fromages classés

A + B en hiver et en été. Pas de différence non plus dans les notes de lainure et d'ouverture bien que la lainure soit un défaut à caractère typiquement saisonnier, le pourcentage de fromages lainés pouvant atteindre 20-25% des meules pendant la période mai-août contre 5 à 10% le reste de l'année (Lefier *et al.*, 1987). Le rôle important de la saison de fabrication sur la qualité des fromages illustre l'importance des variations saisonnières de qualité du lait, le terme qualité étant pris ici dans son sens le plus large.

Notre étude n'était pas destinée à analyser de façon détaillée les variations de qualité du lait et leur incidence sur celle des fromages. Toutefois, on peut relever que le lait d'été est plus riche en caséines (26,8 contre 24,9 g/kg) mais avec un rapport Ca/caséine plus faible de 4,51 contre 4,78%; le rapport NPN/N est plus élevé (7% contre 5,5%) de même que l'activité plasminique deux fois plus élevée. Ces éléments, auxquels il faut ajouter un nombre de *Pseudomonas* 26 fois plus élevé en été qu'en hiver (avec des niveaux qui sont restés faibles : 100 et 2 600 UFC/ml), permettent d'expliquer des différences de composition physico-chimique constatées entre fromages d'été et d'hiver et certaines différences de qualité. Ainsi, on retrouve dans les fromages de 24 h un rapport Ca/N plus faible en été de 0,217 contre 0,226 en hiver, une protéolyse plus élevée observée déjà à 20 h avec des rapports NPT/N et NS/N plus élevés, respectivement 0,838 contre 0,748% et 3,79 contre 2,87%. Lorsque la température d'affinage passe de 10-12 °C (conditions A1) à 16-18 °C (conditions A2, A3 et A4), on constate une dégradation préférentielle de la caséine β les mois d'été et de la caséine α_s en hiver. Indépendamment de la température d'affinage, on observe des proportions élevées de caséines γ_2 et γ_3 pendant les mois d'été (Collin *et al.*, 1987). Cette différence dans l'intensité de

la protéolyse peut être associée à l'activité plus grande de la plasminine et à une flore psychrotrophe plus abondante pendant les mois d'été. Cette flore est vraisemblablement aussi à l'origine de la teneur en acide butyrique et caproïque, d'origine lipolytique, légèrement plus élevée (Berdagué *et al.*, 1987).

Si les variations saisonnières de qualité du lait sont une des causes principales des différences de qualité des fromages, il ne faut pas oublier les adaptations technologiques qui peuvent être faites par les fromagers. Toutefois, d'après les informations recueillies celles-ci sont faibles, seules la standardisation des laits en matière grasse et l'activité acidifiante des levains sont différentes entre les deux saisons; le rapport graisse/caséine est de 1,23 en été contre 1,32 en hiver et l'activité acidifiante de 45,8 °D en été contre 54,0 °D en hiver. Les observations recueillies au cours de cette étude soulignent à nouveau que la saison et à travers elle le stade de lactation et l'alimentation influencent la composition physico-chimique des fromages et par voie de conséquence leurs propriétés organoleptiques et leur qualité commerciale.

Conclusions

Cette étude a permis d'obtenir pour la première fois des valeurs de référence sur la composition physico-chimique du gruyère de Comté à différents stades d'affinage (Tableaux I, II, III) ainsi que des données techniques sur les conditions d'affinage pratiquées par quatre des principaux affineurs de comté (Tableau VI).

Bien que les 4 fromageries de cette étude soient loin d'être représentatives des 300 ateliers fabriquant du comté, elles ont été néanmoins choisies de façon

que les différents types de collectes du lait (apport biquotidien ou stockage au froid 24 ou 36 h) et types de technologies (notamment levains sélectionnés ou levains «sauvages») soient représentés.

Nous avons montré que des fromages dont la composition est voisine de celle des fromages de F4 et des techniques d'affinage de type A2 et A4 permettaient d'obtenir les meilleurs classements techniques moyens. Il est maintenant bien établi (Lawrence *et al.*, 1983) que la texture et la saveur des fromages sont liées aux caractéristiques biochimiques et physico-chimiques du fromage à 20 h et aux processus microbiens et enzymatiques qui se développent au cours de l'affinage. Ce sont l'extrait sec, le gras/sec, la teneur en calcium et le pH à 20 h qui confèrent au fromage ses propriétés rhéologiques fondamentales. La texture finale et la saveur du fromage en fin d'affinage seront non seulement liées aux caractéristiques physico-chimiques initiales du fromage, mais aussi et surtout à l'intensité et à la nature des phénomènes biochimiques qui se déroulent pendant l'affinage.

En ce qui concerne la saveur et en particulier le caractère fruité, l'analyse des composés volatils de F4 (Guichard *et al.*, 1987) a montré qu'en hiver les fromages affinés par A1 avaient toujours les teneurs les plus faibles en produits volatils, alors que les notes de fruité de ces mêmes fromages étaient systématiquement plus élevées que celles des autres affineurs, soit 2,56 pour A1 contre 1,85 en moyenne pour A2, A3 et A4. Cette observation, associée à l'étroite relation existant entre la note de fruité et la teneur en NPT, semble indiquer que l'origine du caractère fruité du comté se situe vraisemblablement dans la nature et la teneur en acides aminés et petits peptides libres du fromage et non au niveau de sa teneur en composés volatils. En revanche, on peut penser qu'un des 2

seuls composés volatils, le nonanal, pour lesquels A1 avait la plus forte teneur en été, peut participer au défaut de mauvais goût constaté pour les fromages de A1 pendant les mois d'été.

Il semble donc bien que c'est en contrôlant la nature et la quantité de protéases qui sont présentes dans le fromage et qui proviennent du lait et des ferments, et en agissant sur les facteurs qui influencent l'activité de ces protéases (cycle thermique d'affinage, teneur en sel, humidité dans le fromage dégraissé, pH) (Fig. 4) qu'il sera possible de maîtriser la protéolyse et par voie de conséquence la plupart des critères de qualité des fromages. A partir de données recueillies au cours des contrôles effectués sur la qualité du cheddar néo-zélandais, Lawrence *et al.* (1984) ont pu établir qu'il était possible de prédire la qualité des fromages à partir des mesures de pH, de rapports sel/eau, humidité/fromage dégraissé et gras/sec effectuées à 14 jours.

Dans le cas du comté, où il existe une grande variabilité de la qualité du lait et où il n'y a pratiquement aucune connaissance ni maîtrise des levains lactiques, il est difficile de n'utiliser que ces seuls critères pour prédire et contrôler la qualité de ce fromage. Toutefois, en se limitant au seul aspect lainure, les résultats de la présente étude et des travaux récents (Lefier *et al.*, 1987) montrent que le risque de lainure est faible si la teneur en calcium est élevée et si l'extrait sec et le gras/sec des fromages à 3 semaines sont inférieurs à 63,5% et 48,5%. Si l'une ou l'autre de ces conditions n'est pas remplie (comme c'est le cas pour F1, F2 et F3), le risque de lainure augmentera avec l'intensité de la protéolyse mesurée notamment par le taux de NPT. Mais nous avons souligné à diverses reprises qu'il n'y avait pas souvent concordance entre qualité commerciale et qualité organoleptique des fromages. Si les teneurs en NPT et en acide

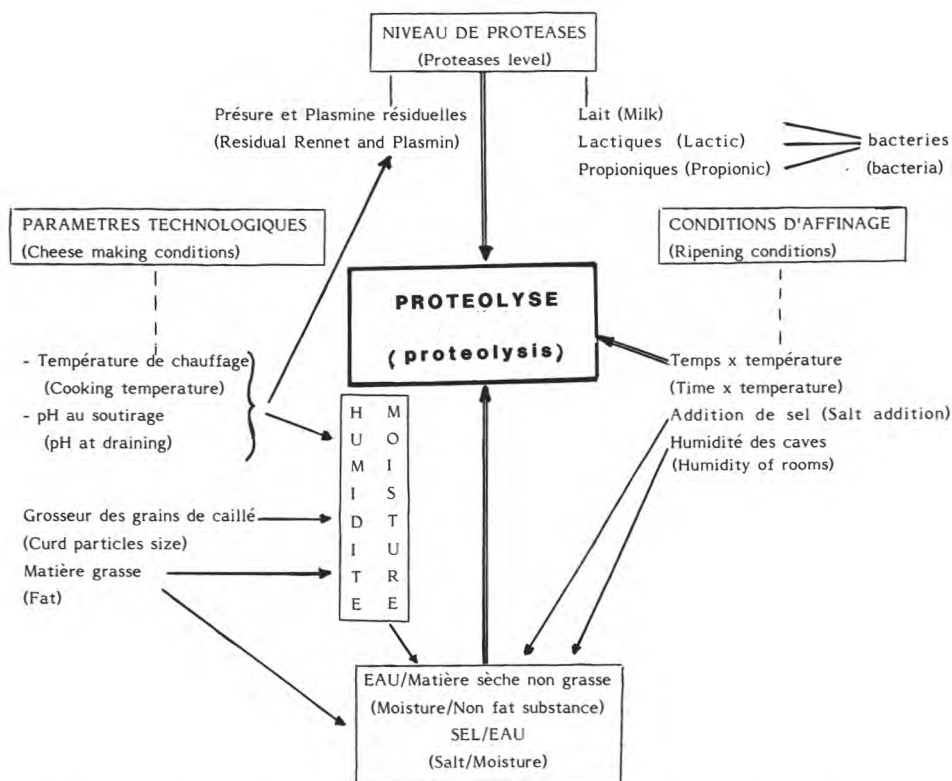


Fig. 4. Principaux facteurs influençant la protéolyse dans le fromage (modifié d'après Lawrence *et al.*, 1984).

isovalérique sont corrélées avec le caractère fruité (Berdagué et Grappin, 1989), ces indicateurs sont certainement très insuffisants pour caractériser la saveur du comté.

Cette étude a montré que les conditions d'affinage influencent de façon significative la qualité et le classement technique des fromages. Il convient donc de ne pas négliger ce facteur dans le cadre d'une politique d'amélioration et de maîtrise de la qualité du comté. Mais il est clair également que l'influence de l'affinage est étroitement dépendante des caractéristiques physico-chimiques et biochimiques initiales des fromages, lesquelles sont

liées à la qualité du lait, aux techniques de fabrication et à la saison. Pour assurer une production de comté de qualité il faudrait, dès à présent, effectuer des contrôles réguliers de la composition des fromages à 20 h (pH, extrait sec, matière grasse, calcium), auxquels on peut ajouter la teneur en NPT et en sel avant affinage en cave chaude. En fonction des normes qui seront définies à la suite de travaux en cours, la connaissance de la composition des fromages devrait permettre à la fois de réagir rapidement auprès des fromagers si des déviations apparaissent et de fournir aux affineurs des éléments leur permettant d'adapter

les conditions d'affinage aux caractéristiques physico-chimiques des fromages. A ces contrôles doivent s'ajouter une meilleure caractérisation et une meilleure maîtrise de l'activité des levains lactiques et en particulier de leur activité protéolytique qui semble être une des clés essentielles de la texture et de la saveur particulières du comté.

Remerciements

Nous remercions vivement les fromagers et affineurs qui ont participé à cette étude : M. Dole, Coopérative fromagère, 39270 Orgelet; M. Marion, Coopérative fromagère, 25330 Amancey; M. Michelin, Coopérative fromagère, 25690 Longemaison; M. Pourchet, Coopérative fromagère, 25650 Lièvremont-Village; M. Bressoux, Ets Arnaud, 39800 Poligny; M. Meunier, Ets Grillot, 39800 Poligny; M. Parent, Ets Petite, 25300 Doubs; M. Pourcelot, Ets Rivoire-Jacquemin, 39570 Montmorot.

Nous remercions également MM. Godard et Bataillard qui ont effectué le classement technique des fromages.

Notre reconnaissance va à M. P. Rousseaux qui a initié et suivi avec très grand intérêt le déroulement de cette étude.

Ce programme a reçu le soutien financier de la Direction des industries agricoles et alimentaires du ministère de l'Agriculture (contrat DIAA n° 81/27) et de l'Association nationale pour la recherche et la technologie (bourse CIFRE de J.-L. Berdagué, convention n° 92/82).

Références

- Anonyme (1986) *Evolution du profil fermentaire et de la protéolyse du beaufort*. Etude ITG SS 1986/12/C, Bourg-en-Bresse
- Berdagué J.-L. & Grappin R. (1987) Affinage et qualité du gruyère de Comté. II. Influence de l'affinage sur l'évolution des caractéristiques physico-chimiques des fromages. *Lait* 67, 237-247
- Berdagué J.-L., Jeunet R. & Grappin R. (1987) Affinage et qualité du gruyère de Comté. III. Fermentation lactique et teneur en acides gras volatils des fromages de Comté. *Lait* 67, 249-263
- Berdagué J.-L. & Grappin R. (1988) Affinage et qualité du gruyère de Comté. VI. Caractéristiques sensorielles des fromages. *Lait* 68, 189-204
- Berdagué J.-L. & Grappin R. (1989) Affinage et qualité du gruyère de Comté. VII. Caractéristiques de présentation : ouverture et défaut de lainure des fromages. *Lait* (sous presse)
- Berdagué J.-L., Grappin R., Chaillet B. & Delacroix-Buchet A. (1989) Caractérisation physico-chimique de l'emmental est-central grand cru. *Lait* (à paraître)
- Collin J.-C., Berdagué J.-L., Dognin-Bergeret M. & Grappin R. (1987) Affinage et qualité du gruyère de Comté. IV. Etude de la protéolyse. *Lait* 67, 249-263
- Grappin R., Berdagué J.-L., Dasen A. & Jeunet R. (1987) Affinage et qualité du gruyère de Comté. I. Protocole expérimental. Caractérisation des conditions d'affinage et des ateliers de fabrication. *Lait* 67, 219-235
- Guichard E., Berdagué J.-L. & Grappin R. (1987) Affinage et qualité du gruyère de Comté. V. Influence de l'affinage sur la teneur en composés volatils. *Lait* 67, 319-338
- Lawrence R.C., Gilles J. & Creamer L.K. (1983) The relationship between cheese texture and flavour. *N.Z.J. Dairy Sci. Technol.* 18, 175-190
- Lawrence R.C., Heap H.A. & Gilles J. (1984) A controlled approach to cheese technology. *J. Dairy Sci.* 67, 1632-1645
- Lefier D. & Piton C. (1987) Variations mensuelles des caractéristiques microbiologiques, chimiques et technologiques des laits de chaudière de comté et emmental. In : *Compte-rendu, programme régional de recherches fromagères, 1983-1985*. INRA, Poligny
- Lefier D., Grappin R. & Berdagué J.-L. (1987) Le défaut de lainure. In : *Compte-rendu, programme régional de recherches fromagères, 1983-1985*. INRA, Poligny
- Marcos A., Esteban M.A., Leon F. & Fernandez-Salguero J. (1979) Electrophoretic pattern of European cheeses : comparison and quantitation. *J. Dairy Sci.* 62, 892-900